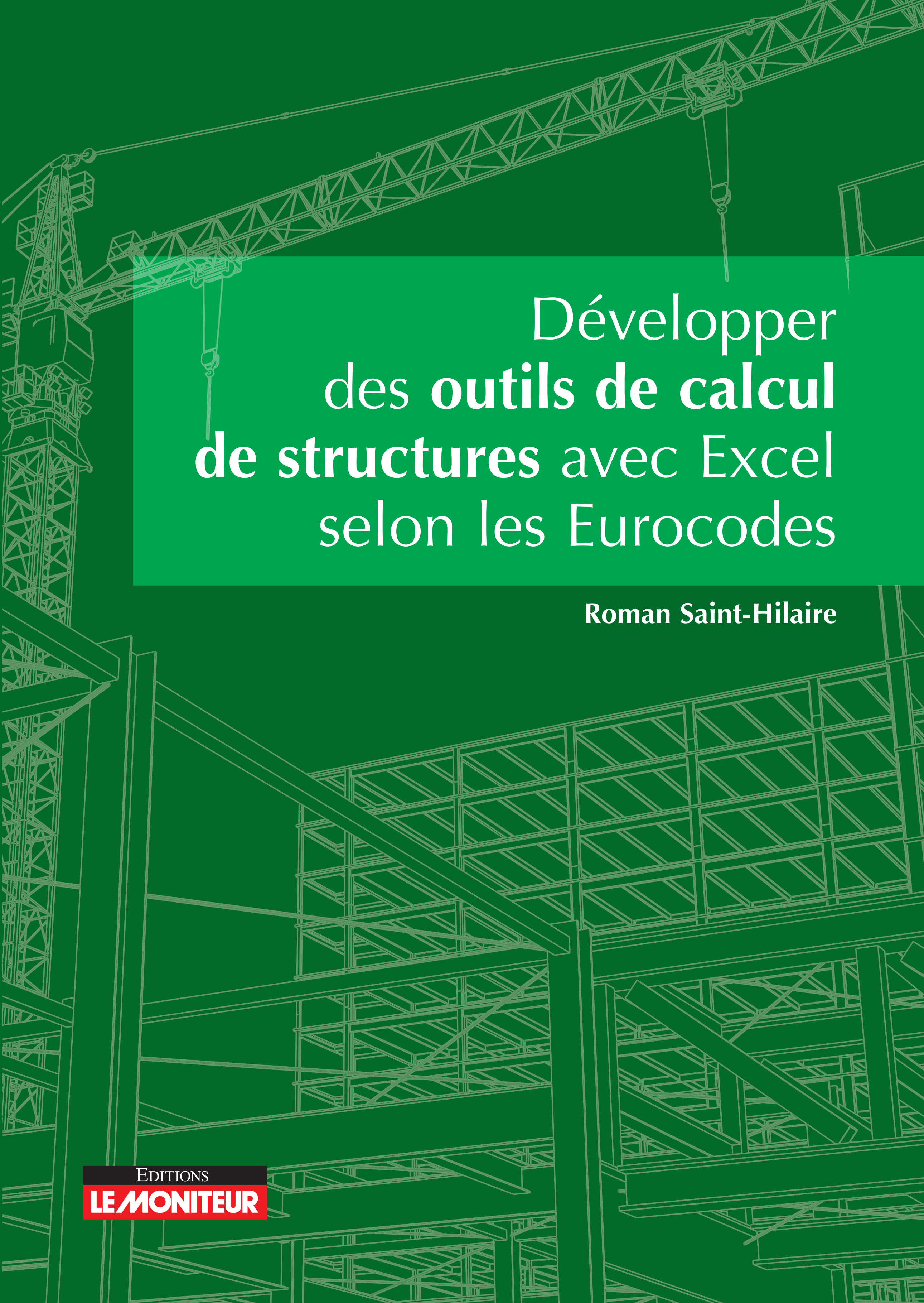


Développer des **outils de calcul de structures** avec Excel selon les Eurocodes

Roman Saint-Hilaire

EDITIONS LE MONITEUR

Sommaire

Avant-propos

De par sa simplicité et sa flexibilité, Excel est un outil parfaitement adapté aux méthodes de calcul présentées dans les normes Eurocodes.

Cependant, il arrive régulièrement, notamment en milieu professionnel, de rencontrer des tableurs inutilement compliqués, difficiles d'utilisation et comportant même parfois des erreurs de calcul.

L'objectif de cet ouvrage est de vous aider à créer des tableurs ergonomiques, fiables et sécurisés.

À propos de l'ouvrage

La méthode utilisée pour la rédaction de ce document est progressive. On y retrouve tout d'abord les éléments de langage et les notions fondamentales propres à Excel. Puis, à l'aide de nombreux cas d'usage, on étudie toutes les étapes nécessaires à l'obtention d'un outil de calcul efficace et fonctionnel.

L'ouvrage se compose de sept chapitres qui s'organisent de la façon suivante :

- Dans le premier chapitre, on rappelle ce que sont les Eurocodes, leur origine et leur fonctionnement.
- Les quatre chapitres suivants sont consacrés aux fondamentaux du logiciel Excel. À travers de nombreux exemples, on y découvre les fonctionalités essentielles à la création d'outils de calcul : l'utilisation des formules et fonctions, les outils de mise en forme et les graphiques ainsi qu'une brève introduction à la programmation VBA.
- Le sixième chapitre présente un ensemble de règles de conception et de bonnes pratiques à appliquer rigoureusement afin de produire des feuilles de calcul de qualité professionnelle.
- Enfin, le dernier chapitre permet de mettre en œuvre ces bonnes pratiques à travers la réalisation détaillée de plusieurs tableurs de calcul aux Eurocodes.

Pour tirer le meilleur parti de cet ouvrage, il est recommandé de reproduire intégralement les fichiers de calcul donnés en exemple. Rien ne remplace la pratique pour maîtriser un logiciel. Les tableurs présentés dans cet ouvrage servent de base, mais ils peuvent tout autant être améliorés et adaptés selon vos besoin spécifiques.

C'est en pratiquant activement que l'on identifie ses propres erreurs de conception et que l'on renforce sa compréhension des principes sous-jacents.

Dans le développement logiciel, il existe un principe appelé **SRP** (*Single Responsibility Principle* ou Principe de Responsabilité Unique). Ce principe suggère que chaque élément de code devrait être responsable d'une seule tâche ou d'une seule fonction.

Ainsi, au lieu d'essayer de tout inclure dans une feuille Excel, il est préférable de diviser le calcul dans plusieurs classeurs incluant chacun, un ou plusieurs tableurs, qui ont des responsabilités clairement définies.

Cela permet, d'une part, de rendre les tableurs plus faciles à comprendre et à utiliser et, d'autre part, de réduire les risques d'erreurs.

Si nous repartons de l'exemple donné, nous pouvons ainsi séparer les fonctionnalités de la manière suivante :

- un classeur pour le calcul de l'enrobage nominal ;
- un classeur pour le calcul du comportement au feu ;
- un classeur pour les vérifications structurelles en flexion simple, comportant :
  - un tableur pour les sections d'armatures aux ELU ;
  - un tableur pour chaque vérification ELS (contrainte, fissuration et flèche) ;
- le même classeur mais pour les vérifications structurelles en flexion composée ;
- un classeur dédié à la vérification de la fissuration dans le cas des réservoirs, avec un tableur pour la flexion simple et un autre pour la flexion composée.

Ainsi les responsabilités sont bien définies, chaque tableur est responsable d'un seul type de vérification (figure 6.2).

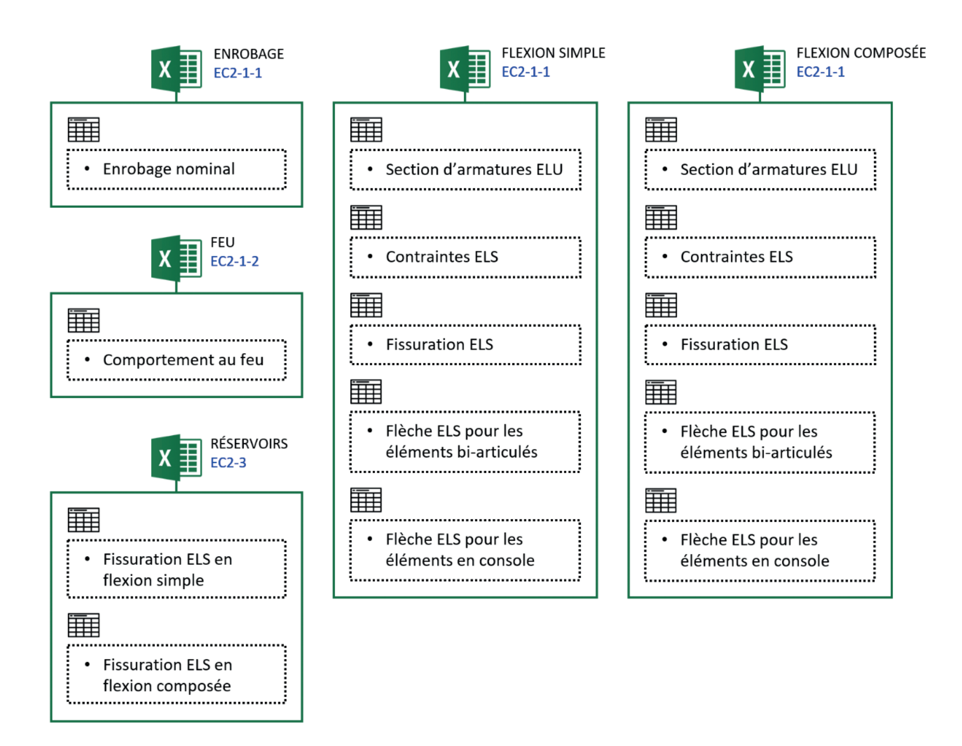


Figure 6.2
Calculs Eurocode 2 – Séparation des fonctionnalités

3. Être explicite

Identifier clairement les normes utilisées

Il est crucial d'identifier les différentes sources d'informations utilisées lors de la création d'un tableur de calcul afin de faciliter la communication et la compréhension mutuelle des utilisateurs.

Les **documents de référence** doivent être clairement identifiés à l'ouverture du tableur, ces informations doivent être placées à proximité du titre. *A minima*, les informations suivantes doivent être affichées :

- la référence de la norme Eurocodes ;
- la référence de l'annexe nationale, si elle intervient dans les calculs ;
- les références aux amendements éventuels ;
- les références externes aux Eurocodes : il peut s'agir d'une norme nationale, d'un arrêté, etc.

Les **dates de parution** des normes doivent systématiquement être mentionnées.

Voici deux exemples :

- cas d'un tableur de calcul d'un poteau en bois :
  NF EN 1995-1-1 – Novembre 2005
  NF EN 1995-1-1/NA – Mai 2010
  NF EN 338 – Juillet 2016
- cas d'un tableur de calcul de charge de vent :
  NF EN 1991-1-4 – Novembre 2005
  NF EN 1991-1-4/NA – Mars 2008
  NF EN 1991-1-4/NA/A1 – Juillet 2011
  NF EN 1991-1-4/NA/A2 – Septembre 2012
  NF EN 1991-1-4/NA/A3 – Avril 2019

Par ailleurs, les références des **règles d'application**, **formules**, **figures** et **tableaux** utilisés doivent systématiquement être indiquées.

Ainsi les utilisateurs sont aidés dans la saisie des données d'entrée et peuvent plus facilement vérifier la cohérence entre les formules utilisées dans le tableur et celles prescrites dans la norme.

Cette bonne pratique facilite les relectures et mises à jour ultérieures du tableur. Lorsqu'une nouvelle version de la norme est publiée, il est beaucoup plus simple de vérifier et d'actualiser les calculs en s'appuyant sur les références appropriées.

Prenons un exemple concret : le tableur de la figure 6.3 permet de vérifier un tirant en acier. On retrouve en vert les données d'entrée à saisir.

À première vue, il est compliqué de comprendre ce à quoi correspondent les données d'entrée et les résultats. Remédions à cela en ajoutant les références normatives.

Les calculs sont effectués selon la norme NF EN 1993-1-1. L'annexe nationale n'est pas utilisée. Aucun amendement n'est utilisé. Aucune autre norme n'est utilisée (figure 6.4).

K18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Vérification d'une barre en traction simple								
2									
3	gamma_m0	1							
4	gamma_m2	1,25				t ≤ 40 mm			
5	n_ed	900	kN			acier	fy (MPa)	fu (MPa)	
6	a	0,00538	m2			S 235	235	360	
7	a_net	0,00461	m2			S 275	275	430	
8	t	10,7	mm			S 355	355	490	
9	acier	S 235							
10									
11	f_y	235	MPa			40 mm < t ≤ 80 mm			
12	f_u	360	MPa			acier	fy (MPa)	fu (MPa)	
13	n_plrd	1264	kN			S 235	215	360	
14	n_urd	1195	kN			S 275	255	410	
15	n_trd	1195	kN			S 355	335	470	
16	n_ed / n_trd	0,7532							

Figure 6.3

Tirant en acier – Tableur initial

K19

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Vérification d'une barre en traction simple								
2	NF EN 1993-1-1 - Octobre 2005								
3									
4	gamma_m0	1		6.1 (1)		Extrait du Tableau 3.1			
5	gamma_m2	1,25		6.1 (1)		t ≤ 40 mm			
6	n_ed	900	kN			acier	fy (MPa)	fu (MPa)	
7	a	0,00538	m2	6.2.2.1		S 235	235	360	
8	a_net	0,00461	m2	6.2.2.2		S 275	275	430	
9	t	10,7	mm			S 355	355	490	
10	acier	S 235							
11						Extrait du Tableau 3.1			
12	f_y	235	MPa	Tableau 3.1		40 mm < t ≤ 80 mm			
13	f_u	360	MPa	Tableau 3.1		acier	fy (MPa)	fu (MPa)	
14	n_plrd	1264	kN	(6.6)		S 235	215	360	
15	n_urd	1195	kN	(6.7)		S 275	255	410	
16	n_trd	1195	kN	6.2.3 (2)		S 355	335	470	
17	n_ed / n_trd	0,7532		(6.5)					

Figure 6.4

Tirant en acier – Ajout des références à la norme

Si le résultat convient, il suffit de paramétrer l'impression papier ou pdf, le format et l'orientation, et de cliquer sur le bouton **Imprimer** (figure 6.35).

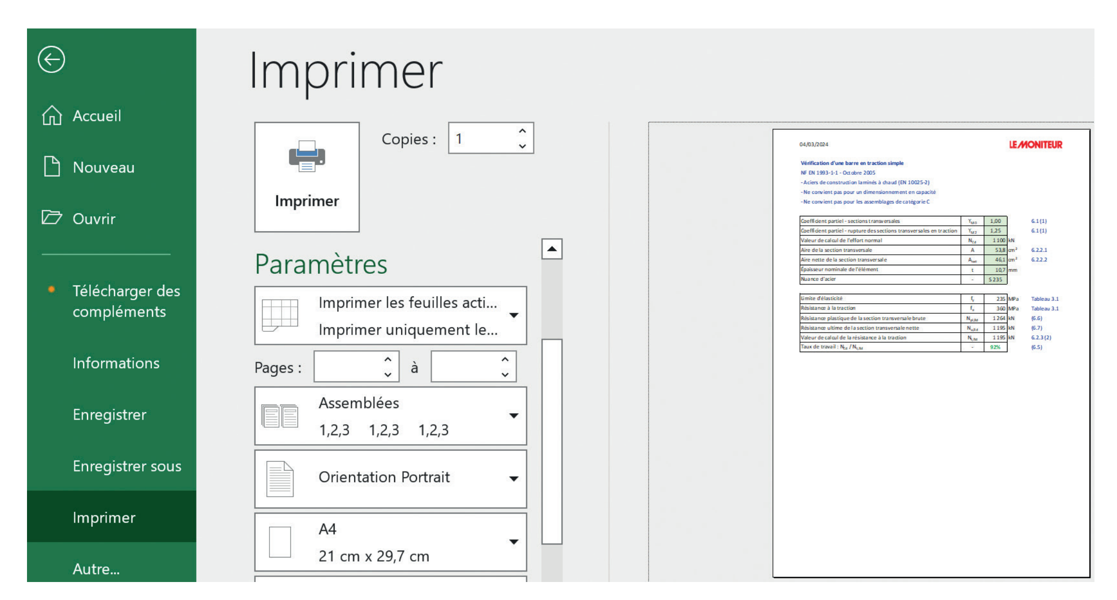


Figure 6.35

Tirant en acier – Paramètres d'impression

5. Garantir la validité et l'intégrité des données

« *Never trust user input* » (« Ne jamais faire confiance à la saisie de l'utilisateur ») ; cet adage suggère que toute donnée provenant de l'utilisateur d'une application doit être vérifiée de manière approfondie avant d'être utilisée ou traitée par le programme.

Nous pouvons appliquer ce principe pour la conception de tableurs de calcul aux Eurocodes.

Restreindre la saisie des données

Dans les paragraphes précédents, nous avons établi un ensemble de règles de conception qui permettent d'aboutir à un tableur explicite, facile à utiliser et à interpréter. Mais le risque d'erreur de saisie n'est, pour le moment, pas encore géré.

Reprenons le tableur de vérification d'un tirant en acier. Un utilisateur inexpérimenté pourrait, par exemple, saisir une valeur négative d'effort normal car, pour lui, un effort de traction doit être négatif. Il pourrait également renseigner une nuance d'acier qui n'existe pas (ex. : « R 210 »), rendant ainsi les résultats inexploitables. Excel n'étant

pas capable de retrouver la nuance d'acier « R 210 » dans le Tableau 3.1, une erreur « #N/A » s'affiche (figure 6.36).

K22

	A	F	G	H	I
1	**Vérification d'une barre en traction simple**				
2	NF EN 1993-1-1 - Octobre 2005				
3	- Aciers de construction laminés à chaud (EN 10025-2)				
4	- Ne convient pas pour un dimensionnement en capacité				
5	- Ne convient pas pour les assemblages de catégorie C				
6					
7	Coefficient partiel - sections transversales	γ_{M0}	1,00		6.1 (1)
8	Coefficient partiel - rupture des sections transversales en traction	γ_{M2}	1,25		6.1 (1)
9	Valeur de calcul de l'effort normal	N_{Ed}	-520	kN	
10	Aire de la section transversale	A	53,8	cm²	6.2.2.1
11	Aire nette de la section transversale	A_{net}	46,1	cm²	6.2.2.2
12	Épaisseur nominale de l'élément	t	10,7	mm	
13	Nuance d'acier	-	R 210		
14					
15	Limite d'élasticité	f_y	#N/A	MPa	Tableau 3.1
16	Résistance à la traction	f_u	#N/A	MPa	Tableau 3.1
17	Résistance plastique de la section transversale brute	$N_{pl,Rd}$	#N/A	kN	(6.6)
18	Résistance ultime de la section transversale nette	$N_{u,Rd}$	#N/A	kN	(6.7)
19	Valeur de calcul de la résistance à la traction	$N_{t,Rd}$	#N/A	kN	6.2.3 (2)
20	Taux de travail : N_{Ed} / $N_{t,Rd}$	-	**#N/A**		(6.5)

Figure 6.36

Tirant en acier – Erreurs de saisie

Comment empêcher de telles erreurs de se produire ?

On pourrait ajouter du texte pour donner des indications sur les données attendues. Le problème est que rien n'oblige l'utilisateur à lire ces commentaires. Par ailleurs cela ajouterait de la complexité dans l'utilisation de l'outil, ce qui va à l'encontre du principe KISS abordé précédemment.

La solution préconisée sous Excel est l'utilisation des « **validations de données** ».

Avant de mettre en place ce process, il faut prendre le temps d'identifier clairement, pour chaque donnée d'entrée, le ou les critères de validation.

Par exemple, lorsqu'un coefficient de sécurité est utilisé pour diviser une résistance théorique, il doit, par définition, être supérieur ou égal à 1. Ainsi les coefficients γ_{M0} et γ_{M2} seront considérés comme valides si la valeur saisie est un nombre décimal supérieur ou égal à 1.

Chapitre 7

Mise en pratique

Dans les paragraphes qui suivent, on va réaliser six tableurs de calcul selon les Eurocodes, leur niveau de difficulté sera croissant :

- Calcul de la section d'armatures d'une semelle de fondation (EC2) ;
- Détermination des accélérations sismiques de calcul (EC8) ;
- Vérification d'un poteau en acier (EC3) ;
- Calcul de l'enrobage nominal (EC2) ;
- Calcul de la charge de neige sur une toiture à versant unique (EC1) ;
- Vérification de la résistance en flexion d'une poutre en bois (EC5).

On veillera à appliquer l'ensemble des bonnes pratiques abordées dans le précédent chapitre afin d'assurer l'ergonomie et la fiabilité de ces outils.

1. Calcul de la section d'armatures d'une semelle de fondation (EC2)

Présentation de l'outil

L'objectif de ce tableur est de calculer l'aire de la section d'armatures à mettre en œuvre dans une semelle de fondation en béton armé. Cette dernière étant soumise à une charge centrée.

La section d'armatures à calculer dépend à la fois de l'intensité de la charge, de la géométrie de la semelle (figure 7.1) ainsi que du type d'acier utilisé pour les armatures.

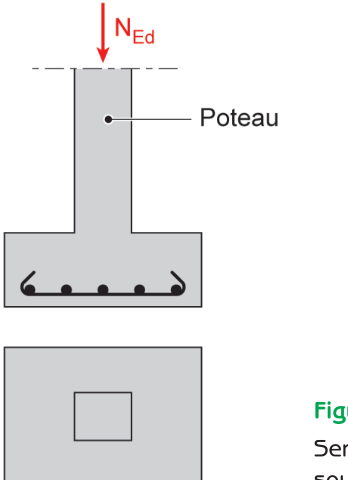


Figure 7.1
Semelle de fondation sous charge centrée

Références normatives

Pour ce tableur, on réalise les calculs selon la norme NF EN 1992-1-1 parue en octobre 2005. Il ne sera pas fait appel à l'annexe nationale ou à un amendement quelconque.

Dans une nouvelle feuille de calcul, on commence par saisir la référence de la norme utilisée avec sa date de parution (figure 7.2).

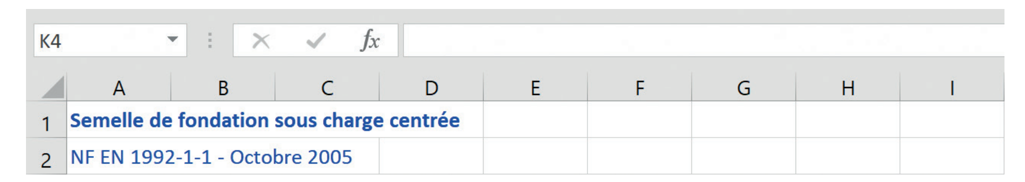


Figure 7.2
Semelle de fondation – Normes utilisées

Hypothèses de calcul

Le tableur est valable uniquement pour une charge centrée. Cette hypothèse est déjà rappelée dans le titre. Aucune autre hypothèse de calcul n'a besoin d'être mentionnée.

Données d'entrée

Les données nécessaires au calcul de la section d'armatures de la semelle sont :

- la largeur de la semelle : B
- la largeur du poteau ou l'épaisseur du voile : b
- la hauteur utile : d
- la limite caractéristique d'élasticité de l'acier : f_{yk}
- le coefficient partiel relatif à l'acier : Υ_S
- la valeur de calcul de l'effort normal agissant : N_{Ed}

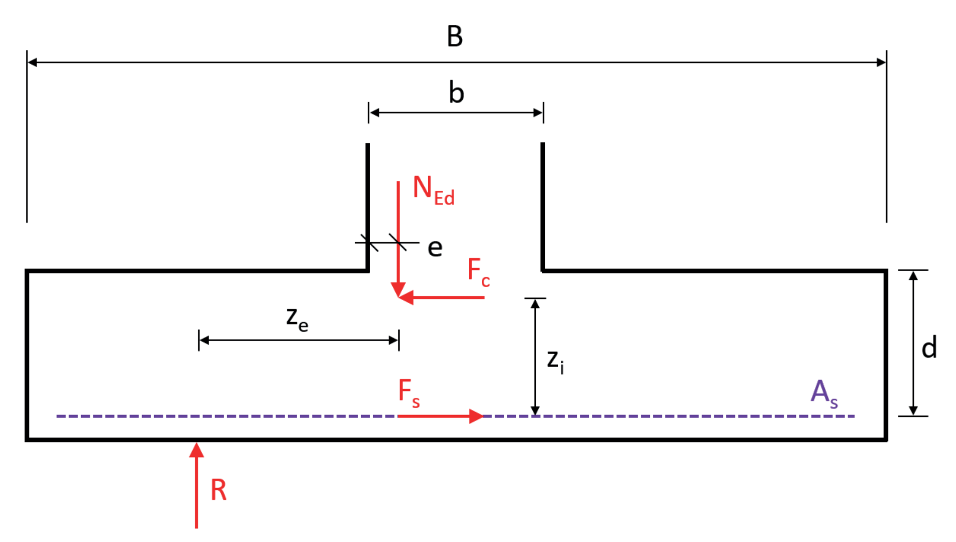


Figure 7.3

Semelle de fondation – Modèle de calcul de la section d'armatures
(Source : Figure 9.13 de la norme NF EN 1992-1-1)

Les dimensions B, b et d sont représentées sur la figure 7.3.

La limite caractéristique d'élasticité f_{yk} dépend de la nuance d'acier utilisée. Le Tableau C.1 (annexe normative C) de la norme NF EN 1992-1-1 précise que la limite caractéristique d'élasticité f_{yk} doit être comprise entre 400 et 600 MPa (tableau 7.1).

Pour des armatures de béton armé haute adhérence (HA), la nuance d'acier la plus couramment utilisée en France est B500B, ce qui correspond à une limite caractéristique d'élasticité f_{yk} = 500 MPa.

Le coefficient partiel Υ_S dépend de la situation de projet. Celui-ci est donné dans le Tableau 2.1N de la norme (tableau 7.2).

On crée maintenant un premier tableau (figure 7.4) pour ces données d'entrée en reprenant les principes de présentation évoqués précédemment : une cellule par information (intitulé explicite, symbole, valeur, unité, référence normative).

Tableau 7.1

(Source : Tableau C.1 de la norme NF EN 1992-1-1)

Forme du produit	**Barres et fils redressés**			**Treillis soudés**			**Exigence ou valeur du fractile (%)**
Classe	A	B	C	A	B	C	–
Limite caractéristique d'élasticité f_{yk} ou $f_{0,2k}$ (MPa)	**400 à 600**						5,0
Valeur minimale de k = $(f_t / f_y)_k$	≥ 1,05	≥ 1,08	≥ 1,15 < 1,35	≥ 1,05	≥ 1,08	≥ 1,15 < 1,35	10,0
Valeur caractéristique de la déformation relative sous charge maximale, ε_{uk} (%)	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 7,5	10,0
Aptitude au pliage	Essai de pliage/dépliage			–			–
Résistance au cisaillement	–			0,25 $A\ f_{yk}$ (A est l'aire du fil)			Minimum
Tolérance maximale vis-à-vis de la masse nominale (barre ou fil individuel) (%) – Dimension nominale de la barre (mm)							5,0
≤ 8	± 6,0						
> 8	± 4,5						

Tableau 7.2

Extrait du Tableau 2.1N de la norme NF EN 1992-1-1

Situation de projet	**γ_C (béton)**	**γ_S (acier)**
Durable et transitoire	1,50	1,15
Accidentelle	1,20	1,00

K11 | fx

	A–E	F	G	H	I
4	Largeur de la semelle	B	140	cm	
5	Largeur du poteau ou épaisseur du voile	b	20	cm	Figure 9.13
6	Hauteur utile	d	32	cm	Figure 9.13
7	Limite caractéristique d'élasticité de l'acier	f_{yk}	500	MPa	Tableau C.1
8	Coefficient partiel relatif à l'acier	γ_S	1,15		Tableau 2.1N
9	Valeur de calcul de l'effort normal agissant	N_{Ed}	780	kN	

Figure 7.4

Semelle de fondation – Données d'entrée

Validation des données

Pour chaque donnée d'entrée, on définit les critères de validation (tableau 7.3).

Tableau 7.3

Semelle de fondation – Critères de validation des données

Cellule	Donnée	Critères de validation
G4	B	Nombre décimal > 0
G5	b	0 < Nombre décimal ≤ B
G6	d	Nombre décimal > 0
G7	f_{yk}	400 ≤ Nombre décimal ≤ 600
G8	γ_S	1,15 ou 1,00
G9	N_{Ed}	Nombre décimal ≥ 0

Pour la cellule G8, on utilise une liste ; pour les autres cellules, on peut utiliser des formules.

Un message d'erreur explicite est ajouté pour chaque validation de données (tableau 7.4).

Tableau 7.4

Semelle de fondation – Implémentation des validations de données

Cellule	Donnée	Liste / Formule	Message d'erreur
G4	B	=G4>0	La largeur de la semelle ne peut pas être inférieure ou égale à 0.
G5	b	=ET(G5>0;G5<=G4)	La largeur du poteau ou du voile doit être comprise entre 0 et la largeur B de la semelle.
G6	d	=G6>0	La hauteur utile ne peut pas être inférieure ou égale à 0.
G7	f_{yk}	=ET(G7>=400;G7<=600)	La limite caractéristique d'élasticité de l'acier doit être comprise entre 400 et 600 MPa (voir Annexe C de l'EC2-1-1).
G8	γ_S	1,15;1,00	Ce coefficient partiel doit être égal à 1,15 en situation durable et transitoire ou à 1,00 en situation accidentelle.
G9	N_{Ed}	=G9>=0	La valeur de l'effort normal doit être un nombre positif.

Implémentation des calculs

La première étape du calcul consiste à déterminer les paramètres géométriques (figure 7.3) :

- l'excentricité de la charge : e
- le bras de levier des forces externes : z_e
- le bras de levier des forces internes : z_i

La règle d'application 9.8.2.2 (3) nous indique que les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour le calcul de l'excentricité e et du bras de levier z_i :

- e = 0,15 b
- $z_i = 0,9$ d

La formule du bras de levier z_e est simplement déduite de la figure 7.3. En considérant une charge centrée, donc une réaction du sol uniforme, on a :

$$z_e = \frac{B-b}{4} + \frac{e}{2}$$

Le tableau 7.5 synthétise les formules à implémenter dans les cellules.

Tableau 7.5

Semelle de fondation – Calcul de z_e et z_i

Cellules	Formules	
G11	9.8.2.2 (3) e = 0,15 b	=0,15*G5
G12	Figure 9.13 $z_e = \frac{B-b}{4} + \frac{e}{2}$	=(G4-G5)/4+G11/2
G13	9.8.2.2 (3) $z_i = 0,9$ d	=0,9*G6

Le rendu dans la feuille de calcul est présenté sur la figure 7.5.

K15 | fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
11	Excentricité de la charge					e	3,0	cm	9.8.2.2 (3)
12	Bras de levier des forces externes					z_e	31,5	cm	Figure 9.13
13	Bras de levier des forces internes					z_i	28,8	cm	9.8.2.2 (3)

Figure 7.5

Semelle de fondation – Calcul de z_e et z_i

Les valeurs des bras de levier z_e et z_i désormais connues, on peut calculer la réaction du sol R ainsi que la force de traction F_s dans les armatures :

- La réaction R est calculée en considérant une charge centrée (pression du sol uniforme) et correspond à une fraction de l'effort normal agissant.

$$R = \frac{N_{Ed}}{2} - \frac{N_{Ed}}{B}\left(\frac{b}{2} - e\right)$$

- La force F_s est donnée par la formule (9.13) de la norme :

$$F_s = R\frac{z_e}{z_i} \qquad \text{...(9.13)}$$

Enfin, on implémente le calcul la section d'armatures A_s nécessaire pour reprendre la force de traction F_s avec les formules suivantes :

$$A_s = \frac{F_s}{f_{yd}}$$

en prenant

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S}$$

Le tableau 7.6 synthétise les formules à implémenter dans les cellules.

Tableau 7.6

Semelle de fondation – Calcul de A_s

Cellules	Formules	
G14	Figure 9.13 $R = \frac{N_{Ed}}{2} - \frac{N_{Ed}}{B}\left(\frac{b}{2} - e\right)$	=G9/2-G9/G4*(G5/2-G11)
G15	(9.13) $F_s = R\frac{z_e}{z_i}$	=G14*G12/G13
G16	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S}$	=G7/G8
G17	$A_s = \frac{F_s}{f_{yd}}$	=10*G15/G16

Le rendu dans la feuille de calcul est présenté sur la figure 7.6.

	A	F	G	H	I
14	Résultante de la pression du sol	R	351,0	kN	Figure 9.13
15	Effort de traction	F_s	383,9	kN	(9.13)
16	Limite d'élasticité de calcul de l'acier	f_{yd}	434,78	MPa	
17	Aire de la section d'armatures	A_s	**8,83**	**cm²**	

Figure 7.6

Semelle de fondation – Calcul de A_s

La feuille de calcul est désormais fonctionnelle (figure 7.7), on va maintenant améliorer sa lisibilité et assurer son intégrité.

	A	F	G	H	I
1	**Semelle de fondation sous charge centrée**				
2	NF EN 1992-1-1 - Octobre 2005				
3					
4	Largeur de la semelle	B	140	cm	
5	Largeur du poteau ou épaisseur du voile	b	20	cm	Figure 9.13
6	Hauteur utile	d	32	cm	Figure 9.13
7	Limite caractéristique d'élasticité de l'acier	f_{yk}	500	MPa	Tableau C.1
8	Coefficient partiel relatif à l'acier	γ_s	1,15		Tableau 2.1N
9	Valeur de calcul de l'effort normal agissant	N_{Ed}	780	kN	
10					
11	Excentricité de la charge	e	3,0	cm	9.8.2.2 (3)
12	Bras de levier des forces externes	z_e	31,5	cm	Figure 9.13
13	Bras de levier des forces internes	z_i	28,8	cm	9.8.2.2 (3)
14	Résultante de la pression du sol	R	351,0	kN	Figure 9.13
15	Effort de traction	F_s	383,9	kN	(9.13)
16	Limite d'élasticité de calcul de l'acier	f_{yd}	434,78	MPa	
17	Aire de la section d'armatures	A_s	**8,83**	**cm²**	

Figure 7.7

Semelle de fondation – Vue d'ensemble

Mise en page et protection

Conformément aux recommandations énoncées dans les chapitres précédents, on effectue les opérations suivantes :

- on désactive l'affichage du quadrillage ;
- on bascule sur l'affichage avec sauts de page et on définit la zone d'impression sur les colonnes A à I ;
- on protège la feuille de calcul en déverrouillant la plage de cellules G4:G9 et en autorisant uniquement la sélection des cellules déverrouillées ;
- on personnalise l'en-tête avec l'ajout de la date actuelle et d'un logo.

L'impression du tableur devrait donner un résultat similaire à celui présenté sur la figure 7.8.

07/09/2023



Semelle de fondation sous charge centrée

NF EN 1992-1-1 - Octobre 2005

Largeur de la semelle	B	140	cm	
Largeur du poteau ou épaisseur du voile	b	20	cm	Figure 9.13
Hauteur utile	d	32	cm	Figure 9.13
Limite caractéristique d'élasticité de l'acier	f_{yk}	500	MPa	Tableau C.1
Coefficient partiel relatif à l'acier	γ_S	1,15		Tableau 2.1N
Valeur de calcul de l'effort normal agissant	N_{Ed}	780	kN	

Excentricité de la charge	e	3,0	cm	9.8.2.2 (3)
Bras de levier des forces externes	z_e	31,5	cm	Figure 9.13
Bras de levier des forces internes	z_i	28,8	cm	9.8.2.2 (3)
Résultante de la pression du sol	R	351,0	kN	Figure 9.13
Effort de traction	F_s	383,9	kN	(9.13)
Limite d'élasticité de calcul de l'acier	f_{yd}	434,78	MPa	
Aire de la section d'armatures	A_s	**8,83**	**cm²**	

Figure 7.8

Semelle de fondation – Impression

Tests et vérifications

Afin de s'assurer de la fiabilité du tableur, on réalise les vérifications suivantes :

- pour chaque donnée d'entrée, on teste que les validations de données fonctionnent correctement en essayant de saisir des données invalides ;
- on vérifie que l'excentricité e de la charge varie proportionnellement avec la largeur b du poteau ;

Développer des outils de calcul de structures avec Excel selon les Eurocodes

Lors du **dimensionnement des structures**, les logiciels de CAO et Excel sont le plus souvent utilisés en parallèle : les premiers sont indispensables pour appréhender le comportement global de la structure étudiée et effectuer les vérifications d'usage, le second est très couramment utilisé pour réaliser des calculs plus spécifiques et valider voire confirmer certains résultats.

Il arrive régulièrement de rencontrer des tableurs Excel inutilement compliqués, difficiles d'utilisation et comportant même parfois des erreurs de syntaxe. L'objectif de cet ouvrage est de fournir un ensemble de **bonnes pratiques** et de **méthodes** permettant de créer des feuilles de calcul ergonomiques, fiables et sécurisées.

Ce guide pratique se compose de sept chapitres qui s'organisent de la façon suivante :

– Dans le premier chapitre, un rappel sur les **Eurocodes**, leur origine et leur fonctionnement sont fournis. Les parties déterminantes pour sourcer les calculs sont présentées.

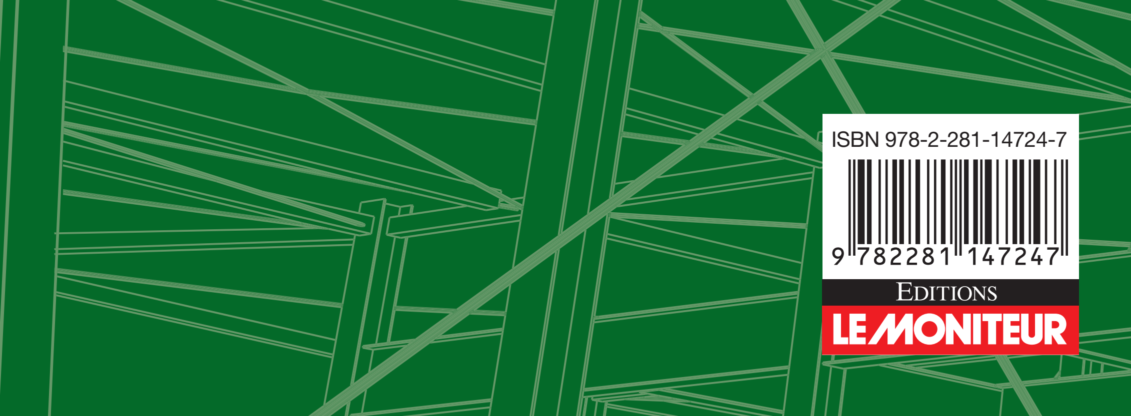
– Les quatre chapitres suivants sont consacrés aux **fondamentaux d'Excel**. À travers de nombreux exemples, on y découvre le vocabulaire et la syntaxe du logiciel, des fonctionnalités essentielles, les outils de mise en forme et les graphiques ainsi qu'une introduction à la programmation VBA.

– Le sixième chapitre présente tout un ensemble de **règles de conception et de structuration** qui sont à appliquer rigoureusement afin de produire des tableurs de qualité professionnelle.

– Enfin, le dernier chapitre présente **six cas pratiques** permettant d'aborder en détail l'ensemble des bonnes pratiques énoncées : calcul de la section d'armatures d'une semelle de fondation (EC2), détermination des accélérations sismiques de calcul (EC8), vérification d'un poteau en acier (EC3), calcul de l'enrobage nominal (EC2), calcul de la charge de neige sur une toiture à versant unique (EC1) et vérification de la résistance en flexion d'une poutre en bois (EC5).

Didactique, tout en couleur, l'ouvrage fournit de nombreuses captures d'écran illustrant les manipulations. Chaque exemple présenté correspond à une nécessité de terrain.

Roman Saint-Hilaire, ingénieur diplômé de Polytech' Montpellier, est intervenu comme maître d'œuvre et ingénieur structures sur de nombreux projets de béton armé et de construction métallique pour de grandes entreprises du BTP en France et à l'international. Passionné de développement logiciel, il travaille désormais en tant que développeur web. Il a créé une application en ligne pour aider les étudiants et professionnels du BTP dans la pratique des calculs aux Eurocodes (calculs-eurocodes.com).


ISBN 978-2-281-14724-7

9 782281 147247

EDITIONS LE MONITEUR